Aus dem Institut für Hygiene und Mikrobiologie der Universität des Saarlandes
Direktor: Prof. Dr. med., Dr. phil., Dipl. chem. W. Zimmermann

Auswirkungen körperlicher Belastungen auf die Ausscheidung von Steroidhormonen im Harn

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der
hohen Medizinischen Fakultät der Universität des Saarlandes

vorgelegt von

Jürgen von Porthan

1966

Dekan: Prof. Dr. med. F. Nödl

Referent: Prof. Dr. med., Dr. phil., Dipl. chem. W. Zimmermann

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Die mündliche Promotionsprüfung wurde am 3. November 1966 abgelegt.

Sonderdruck aus „SPORTARZT UND SPORTMEDIZIN"

Heft 11, 446 und Heft 12, 506 (1967)

Schriftleitung: W. Hollmann, 5 Köln-Müngersdorf, Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin

Aus dem Institut für Hygiene und Mikrobiologie der Universität des Saarlandes (Direktor: Prof. Dr. med. Dr. phil. Dipl.-Chem. W. Zimmermann)

Auswirkungen körperlicher Belastungen auf die Ausscheidung von Steroidhormonen im Harn

Von J. VON PORTHAN

Es ist seit längerer Zeit bekannt, daß körperliche Anstrengungen den Steroidstoffwechsel beeinflussen können. So fanden Pincus und Hoagland (1944) bei Fliegern während des Fluges eine Zunahme der 17-Ketosteroide im Harn. 1946 untersuchten Venning und Kazmin den Einfluß körperlicher Belastung auf die NNR-Aktivität. Dabei fanden sie mit Hilfe des Glykogen-Depositions-Test bei 14 Rekruten vor einem längeren Marsch 46 glykogenetische Einheiten, nach dem Marsch (4 Meilen) 160 glykogenetische Einheiten. Ein zweites Experiment lieferte ähnliche Ergebnisse (60/210 glykogenetische Einheiten). Sailer und Verzár führten 1950 folgende Versuche durch: Nach einem mehrwöchigen Aufenthalt in 1800 Metern ü. M. wurde bei einer Person an fünf aufeinanderfolgenden „Ruhetagen" eine Tagesausscheidung von 25 γ/24 h Cortison ermittelt. Bei Fußmärschen von 7 bis 12 Stunden Dauer erhöhte sich die Cortisonausscheidung regelmäßig. Im Unterland wurden von zwei Personen je eine solche Tour, in der Höhe von einer Person drei Bergwanderungen unternommen. Ein Unterschied zwischen den ermüdenden Märschen im Unterland und den drei Touren in der Höhe ließ sich nicht nachweisen. Die Cortisonausscheidung war bei diesen Tagestouren ungefähr doppelt so hoch wie die 24-Stunden-Ausscheidung in der Ruheperiode. Das gleiche Ergebnis wurde bei ähnlichen Versuchen mit zwei weiteren Versuchspersonen (26 J. und 63 J.) gefunden. Die Autoren verwendeten dabei die von Zaffaroni et al. 1950 angegebene Methode. Mitolo et al. (1951) fanden bei Analysen von Harneinzelportionen bei zwei männlichen Personen (21 J. und 23 J.), daß die 17-KS-Ausscheidung während eines körperlichen Trainings vermehrt, danach aber vermindert war. Schwenk und Wennemann untersuchten 1953 bei drei früh- und drei spätreifen Jungen an 6 bis 11 aufeinanderfolgenden Tagen die 24-Stunden-Ausscheidung der Gesamtcorticoide nach Staudinger und Schmeisser und die 17-KS-Ausscheidung nach Zimmermann. An 1 bis 3 Tagen waren die Jungen einer intensiven körperlichen, bzw. in fünf Fällen einer psychischen Beanspruchung unterworfen. Die Autoren fanden, daß nach anstrengenden Radtouren bei frühreifen, körperlich kräftigen Jungen eine Zunahme der Corticoide erfolgte, nicht dagegen bei spätreifen, körperlich schwächeren Jungen, bei denen zum Teil sogar eine Abnahme der Corticoide beobachtet werden konnte. Die 17-KS nahmen im allgemeinen eher ab als zu.

Borth und Mach bestimmten 1951 bei 4 gesunden Personen während eines Aufenthaltes in 1800 Meter Höhe und während einer anstrengenden Bergtour die Ausscheidung an 17-Ketosteroiden und Corticosteroiden im Urin. Die Bergtour (15,5 km) wurde bei schlechtem Wetter (Regen, Hagel, Schnee) unternommen. Sie dauerte 7 Stunden, wobei ein Höhenunterschied von 900 Metern zu überwinden war. Nach dieser Bergtour war die 17-KS-Ausscheidung zwei Tage lang stark erniedrigt (bei drei Frauen stärker als bei einem Mann). Ein Einfluß auf die Ausscheidung von Corticosteroiden konnte nicht festgestellt werden.

Aus diesen Versuchen könnte man schließen, daß körperliche Arbeit, soweit sie nicht zur Erschöpfung führt, oft mit einem erhöhten 17-KS-Spiegel verbunden ist, daß jedoch Erschöpfung eine verminderte Ausscheidung bewirkt (52). Ferner könnte man dann annehmen, daß es bei sportlich untrainierten Personen während einer schweren körperlichen Belastung früher zur Erschöpfung und damit zu einem Abfall der Steroidhormonausscheidung im Urin kommt, als bei sportlich trainierten Personen. Weiterhin müßten entsprechende Unterschiede zwischen den einzelnen Konstitutionstypen zu beobachten sein.

Zur Überprüfung dieser Hypothese bedarf es aber weiterer systematischer Untersuchungen, wobei folgende Gesichtspunkte zu berücksichtigen sind. Will man eine zuverlässige Aussage über den Einfluß eines definierten Stressors auf die Ausscheidung von Steroidhormonen machen, so muß man bei der Planung der Experimente danach trachten, eine Versuchsanordnung zu finden, die alle anderen Stressoren weitgehend ausschaltet oder — da es ja hauptsächlich um das Auffinden eines Unterschiedes geht — für alle Versuchsteilnehmer konstant hält, während der definierte Stressor gleichmäßig auf sie einwirkt. In diesem Zusammenhang muß zwei experimentell gefundenen Tatsachen besondere Beachtung geschenkt werden. Von verschiedenen Autoren ist auf das Bestehen einer Tagesrhythmik in der Ausscheidung von Steroidhormonen hingewiesen worden. So zeigten Zimmermann, Wennemann und Kaiser (1962), daß im Verlaufe eines Tages ausgesprochene Schwankungen in der 17-KS-Ausscheidung mit einem mehr oder weniger ausgeprägten Zweiphasenrhythmus zu finden sind. Daraus ergibt sich, daß echte Unterschiede in der Ausscheidung von Harnsteroiden nur an Hand von 24-Stunden-Harn-Analysen festzustellen sind. Auch eine vorhandene Abhängigkeit von Wetterfaktoren ist zu berücksichtigen. Zimmermann und Hofschläger (1953) konnten zeigen, daß der Stoffwechsel der Steroidhormone bei antizyklonalem Schönwetter die Tendenz zu größerem Umsatz hat, bei einer zyklonalen Schlechtwetterlage hingegen oft eine Drosselung zu beobachten ist. Die Kenntnis dieser Zusammenhänge macht es erforderlich, bei Versuchsreihen über die Ausscheidung von Steroidhormonen durch Beobachtung des Wetters biotrope Einflüsse rechtzeitig zu erkennen oder nachträglich zu berücksichtigen.

Ferner ist eine größere Anzahl von Versuchspersonen und Versuchen zu fordern, da sowohl die individuelle Streuung als auch die Streuung des Einzel-

nen von Tag zu Tag schon unter Normalbedingungen relativ hoch ist (49) und man damit rechnen muß, daß die Feststellung eines Unterschiedes mit hohem Wahrscheinlichkeitsgrad nur mit statistischen Methoden erreicht werden kann. In der Praxis ist es allerdings sehr schwierig, diese Forderungen zu erfüllen. Entsprechend gründliche Untersuchungen über den Einfluß körperlicher Arbeit auf die Ausscheidung von Steroidhormonen fehlen daher bis heute.

In der vorliegenden Arbeit wurden die Auswirkungen von körperlichen Belastungen (Muskelarbeit) während der militärischen Grundausbildung auf die Ausscheidung von 17-Ketosteroiden (17-KS) und 17-ketogenen Steroiden (17-KGS) im Harn untersucht. Hierbei wurden sportlich trainierte und sportlich untrainierte Rekruten einerseits und drei nach Konstitutionsmerkmalen (K r e t s c h m e r) gegliederte Gruppen andererseits bei verschiedenen Belastungsstufen gesondert betrachtet.

Methodik

1. Versuchspersonen und Versuchsüberwachung

Für die Durchführung von Versuchen über die Steroidausscheidung bei körperlichen Belastungen schienen als Versuchspersonen Rekruten besonders geeignet zu sein. Die Untersuchungen an Rekruten bieten folgende Vorteile:

a) Rekruten sind sozusagen aus „beruflichen Gründen" zeitweise schweren körperlichen Belastungen ausgesetzt.

b) Bei Rekruten ist es möglich, eine relativ große Anzahl von Untersuchungen gleichzeitig durchzuführen; außerdem läßt es sich einrichten, daß die Versuchspersonen gleichen körperlichen Belastungen unter gleichen äußeren Einflüssen ausgesetzt werden.

c) Rekruten leben im gleichen Milieu, unter gleichen Ernährungsbedingungen und haben den gleichen Tages- und Nachtrhythmus.

Anfang Juli 1964 wurden anläßlich der Einstellungsuntersuchungen aus einer ca. 200 Mann starken Kompanie eines Ausbildungsbataillons des Heeres 30 geeignete Rekruten ausgesucht. Die Auswahl traf der Verfasser in Zusammenarbeit mit dem zuständigen Truppenarzt. Neben der körperlichen Verfassung wurden u. a. auch Intelligenzgrad und Einstellung zum Wehrdienst berücksichtigt. Zunächst wurden 14 gesunde Rekruten ausgesucht, deren Muskulatur einen guten Trainingszustand erkennen ließ und die nach eigenen Angaben bis zu ihrem Eintritt in die Bundeswehr als Mitglied eines Sportvereins mindestens zweimal wöchentlich an einem sportlichen Training teilgenommen hatten. Dann wurden 16 gesunde Rekruten ausgewählt, deren Muskulatur relativ schlecht ausgebildet erschien und die nach eigenen Angaben seit ihrem Eintritt ins Berufsleben keinen Sport mehr getrieben hatten. Es wurde darauf geachtet, daß sich die Durchschnittsgewichte und Durchschnittskörperlängen der beiden Versuchsgruppen nicht wesentlich unterschieden. Die Beurteilung des Konstitutionstypes erfolgte durch Inspektion unter Berücksichtigung von Körpergewicht und Körperlänge nach den von K r e t s c h m e r beschriebenen Konstitutionsmerkmalen. Unter den Sportlern befanden sich 9 Athleten und 5 Leptosome, unter den Nichtsportlern 10 Leptosome und 6 Pykniker.

	Körpergewicht in kg	Körperlänge in cm
Athleten	70,7	172,8
Leptosome	64,8	173,2
Pykniker	78,8	169,8
Sportlich trainierte Rekruten	69,5	173,2
Sportlich untrainierte Rekruten	69,2	171,7

Tabelle 1: Durchschnittliche Körpermaße in den Versuchsgruppen

2. Versuchszeitraum

Die Versuche begannen Anfang der 5. Ausbildungswoche (6. Rekrutenwoche) und erstreckten sich über die folgenden 6 Wochen, die den Schwerpunkt der militärischen Grundausbildung bildeten. An 13 Tagen wurde bei teilweise unterschiedlichen körperlichen Belastungen der 24-Stunden-Harn der 30 Versuchspersonen gesammelt. Die Versuchsteilnehmer hatten zu jeder Tages- und Nachtzeit innerhalb und außerhalb der Kaserne die Möglichkeit, ihren Harn in besonders gekennzeichneten Kunststoffbehältern einzeln zu sammeln. Während der Versuchstage blieben die betreffenden Rekruten auch nach Dienst in der Kaserne. Entsprechende Kontrollen erfolgten regelmäßig. An dieser Stelle muß vielleicht hervorgehoben werden, daß der Verfasser die Versuchspersonen in dem Glauben beließ, daß die 24-Stunden-Harnmenge auf ihre Vollständigkeit genau überprüft werden könne und überprüft werde. So konnte beobachtet werden, daß die Versuchsteilnehmer, um ihre nicht geringen Vergünstigungen bangend, ihren Harn sehr sorgfältig sammelten.

Bei der Gestaltung des Dienstplanes wurde darauf geachtet, daß die Versuchspersonen am Tage vor einer erschöpfenden körperlichen Belastung nur leichten oder höchstens mittleren, an den Tagen nach einer erschöpfenden körperlichen Belastung nur leichten körperlichen Belastungen ausgesetzt waren, um einen eventuellen Anstieg oder Abfall der Steroidhormonausscheidung exakt verfolgen zu können. Bei den erschöpfenden Belastungen der 2. und 3. Versuchswoche wurde der „Sammeltag" (24 Stunden) drei Stunden nach der Belastung, bei derjenigen der 5. Woche zwölf Stunden nach Schluß der Belastung beendet.

Versuchsdauer	Sammelzeit (ununterbrochen)
1. Versuchswoche 4.— 8. Aug.	96 Std. = 4 Sammeltage
2. Versuchswoche 11.—14. Aug.	72 Std. = 3 Sammeltage
3. Versuchswoche 19.—22. Aug.	72 Std. = 3 Sammeltage
4. Versuchswoche 26.—27. Aug.	24 Std. = 1 Sammeltag
5. Versuchswoche 7.— 9. Sept.	48 Std. = 2 Sammeltage
5 Versuchswochen 4. Aug.—9. Sept.	312 Std. = 13 Sammeltage

3. Einteilung der Belastungsstufen

Die Beurteilung des Schweregrades der körperlichen Belastung (Muskelarbeit) muße subjektiv nach den Erfahrungen und Beobachtungen des Verfassers und der militärischen Ausbilder erfolgen. Es soll hier nur kurz aufgezeigt werden, nach welchen Gesichtspunkten die Einteilung der Belastungen vorgenommen wurde:

a) Leichte körperliche Belastung = Belastungsstufe I

Als leichte körperliche Belastung wurden bezeichnet:
Bis zu 2 Std. Formalausbildung pro Tag oder
bis zu 2 Std. Infanteriegefechtsausbildung pro Tag oder
bis zu 2 Std. Sport pro Tag oder
bis zu 2 Std. Marsch pro Tag (mit Helm, Sturmgepäck und Gewehr).

b) Mittlere körperliche Belastung = Belastungsstufe II

Als mittlere körperliche Belastung wurden bezeichnet:
3 bis 4 Stunden körperliche Belastung pro Tag, gemischt aus den unter a) beschriebenen Dienstarten.

c) Erschöpfende körperliche Belastung = Belastungsstufe III

Als erschöpfende körperliche Belastung wurden bezeichnet:

4 bis 8 Stunden körperliche Belastung pro Tag, gemischt aus den unter a) beschriebenen Dienstarten.

Zusätzliche Belastungsfaktoren, wie besonders anstrengende Übungseinlagen und Hitze, aber auch weniger straff durchgeführte Ausbildungsstunden, die nicht die durchschnittliche körperliche Belastung der entsprechenden Dienstart erreichten, versuchte der Verfasser durch eine adäquate Zeitkorrektur zu berücksichtigen. Wurde zum Beispiel eine zweistündige Sportausbildung nur lasch betrieben, so wurde sie lediglich als einstündige Belastung in Rechnung gestellt.

Die erschöpfenden körperlichen Belastungen bestanden in allen drei Fällen aus Fußmärschen mit gelegentlichen Übungseinlagen. Bei der erschöpfenden Belastung am 12. 8. 1964 wurden 30 km auf Straße und Feldwegen in einer Zeit von ungefähr 5½ Stunden zurückgelegt. Die 6 bis 7 Stunden dauernde erschöpfende Belastung am 8. 9. 1964 bestand in einem Orientierungsmarsch von 32 bis 35 km auf Feld- und Waldwegen. Bei der schweren Belastung am 20. 8. 1964 handelte es sich um einen Marschwettkampf mit anschließendem Gefechtsschießen. Die Marschstrecke von 10 km war teilweise ansteigend und verlangte die Überwindung eines großen Baches mit Hilfe von zwei quergespannten Seilen. Die in Gruppen aufgeteilten Rekruten ließen es an nötigem Ehrgeiz nicht fehlen (es wurde eine Bestzeit von 58 Minuten erreicht). Nach Beendigung des Wettkampfes war die Erschöpfung im allgemeinen groß.

4. Chemische Methoden

Der Harn wurde in verschließbaren Kunststoffbehältern gesammelt. Der Gefahr einer bakteriellen Zersetzung konnte durch Zugabe von 1 ml Eisessig begegnet werden. Die gesammelten 24-Stunden-Harne wurden am selben Tag bzw. nach Lagerung in einer Tiefkühltruhe bei ca. —18 Grad Celsius spätestens nach drei Tagen auf ihren Gehalt an 17-KS und 17-KGS untersucht. Besonderen Wert legten wir auf die Vollständigkeit des 24-Stunden-Harns; dabei kam die empirische Formel von Medgyesi und Katona zur Anwendung:

$$\frac{(\text{Spez. Gew.} - 1010) \times \text{Vol. d. 24-Std.-Harnes (in ml)}}{100} > 80$$

Als Methode zur Bestimmung der 17-Ketosteroide im Harn diente die von Zimmermann (1935, 1936) angegebene Farbreaktion mit m-Dinitrobenzol in der Modifikation von 1952: 10 ml Harn wurden mit 1 ml konz. HCl und 1 ml 10prozentiger $CuSO_4$ versetzt, 30 Minuten lang bei 100° Celsius hydrolysiert, alkalisiert und anschließend mit Äther extrahiert. Der Ätherextrakt wurde zuerst mit 20 ml 10prozentiger NaOH und dann 2mal mit Aqua dest. gewaschen. Nach dem Trocknen über Na_2SO_4 und dem Eindampfen des Extraktes zur Trockne erfolgte die Farbreaktion mit m-Dinitrobenzol unter Verwendung von gleichen Teilen wäßriger 3n KOH und Äthanol. Die Messung der mit Äther extrahierten Zimmermann-Chromogene wurde im Photometer bei 510 m μ durchgeführt. Die 17-ketogenen Steroide bestimmten wir nach der Methode von Norymberski et al. (1953):

5 ml Harn wurden mit 5 ml Eisessig versetzt und 30 Minuten lang unter Vermeidung von direktem Lichteinfall geschüttelt. Nach 24stündigem Stehen wurde die Reaktion durch Zugabe von 2,5 ml 30prozentigem Natriumbisulfit abgestoppt. Anschließend wurden 7,5 ml 25prozentige HCl zugesetzt. Die so zu 17-KS oxydierten 17-KGS wurden nun wie 17-Ketosteroide weiterbehandelt, d. h. hydrolysiert, extrahiert, fraktioniert und colorimetriert. (Siehe unter 17-Ketosteroide.)

Die Subtraktion der primär vorhandenen 17-KS von der nach Oxydation der 17-KGS bestimmten Gesamtmenge an 17-Ketosteroiden ergibt die Menge der 17-KGS.

Jedes Analysenergebnis ist durch eine Doppelbestimmung gesichert. Die Differenz der beiden Analysenwerte überstieg in keinem Falle die 10-Prozent-Grenze.

Als Normalwerte (ohne körperliche Belastung) dienten die von Kaiser, Rindt, Conrad und Zimmermann (1964) und von Rindt (1965) veröffentlichten Mittelwerte, die mit denselben chemischen Methoden ermittelt wurden.

5. Statistische Methoden

Die statistischen Berechnungen wurden mit der elektronischen Rechenmaschine Elektrologica X 1 durchgeführt (Standort: Rechenzentrum der Universität des Saarlandes). Für alle Versuchsgruppen wurden die Mittelwerte und die Streuungen der Steroidausscheidung bei den verschiedenen Belastungsstufen errechnet. Zur

Fortsetzung: Seite 451

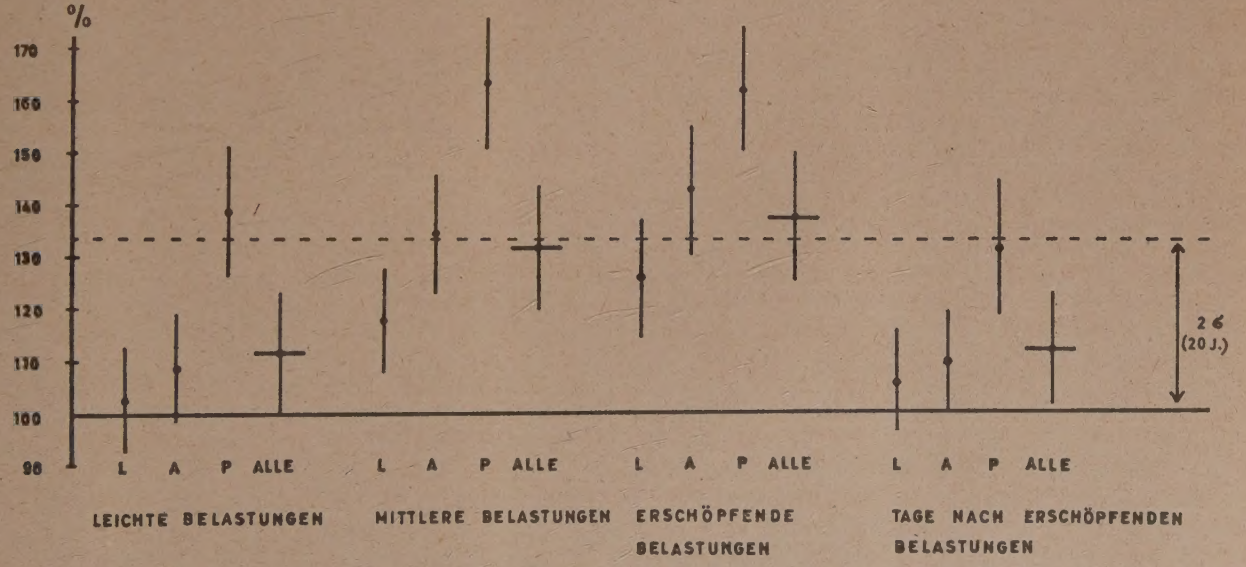

Abb. 1: Das Schaubild zeigt die durchschnittliche 17-KS-Ausscheidung der Leptosomen (L), Athleten(A), Pykniker (P) und aller Versuchsteilnehmer (alle) bei verschiedenen Stufen körperlicher Belastung. Eingezeichnet sind die Mittelwerte mit doppelter Standardabweichung sowie der obere Normalbereich für 20jährige Männer.

	4./5. Aug.	5./6. Aug.	6./7. Aug.	7./8. Aug.	11./12. Aug.	12./13. Aug.	13./14. Aug.	19./20. Aug.	20./21. Aug.	21./22. Aug.	26./27. Aug.	7./8. Sept.	8./9. Sept.
1	6,9	7,5	6,0	10,0	7,8	8,9	5,6	9,5	6,8	9,7	10,3	9,4	8,0
2	10,0	9,2	7,5	11,7	10,6	11,5	8,3	11,4	8,9	9,6	11,6	8,5	7,2
3	8,6	7,5	7,9	9,6	9,0	-	-	6,4	9,9	7,0	11,3	6,6	9,3
4	8,9	10,4	7,9	13,8	9,6	13,7	9,1	10,2	13,5	11,2	12,0	10,2	8,9
5	10,3	8,8	9,0	11,1	11,8	10,1	9,1	12,5	14,7	10,7	15,5	14,2	15,2
6	7,2	7,1	7,5	8,9	9,0	9,4	8,9	5,8	7,6	8,3	8,1	-	-
7	6,9	11,5	8,4	12,8	12,6	15,6	12,1	12,0	12,7	9,0	14,5	10,4	10,2
8	11,7	9,8	21,2	17,1	14,0	16,0	9,7	9,7	17,8	12,1	18,4	11,6	19,1
9	13,5	13,5	10,0	-	-	-	-	10,8	-	-	-	-	-
10	10,4	11,6	9,3	13,2	11,1	10,8	10,3	11,5	14,7	10,2	14,2	9,3	14,9
11	-	8,0	6,7	11,0	9,4	11,6	8,3	11,9	11,9	9,4	11,5	9,5	9,5
12	11,6	9,1	9,2	12,0	10,8	11,2	9,7	8,8	10,2	7,8	13,0	12,3	13,6
13	9,7	10,4	9,2	14,1	11,3	11,5	10,9	12,7	15,9	13,6	14,6	10,3	11,3
14	8,2	11,6	8,8	13,4	12,0	15,2	10,5	13,6	14,5	11,6	14,6	15,2	18,0
16	7,9	11,2	7,2	14,4	11,0	14,6	12,5	9,2	14,6	1o,2	8,3	5,6	12,2
17	9,9	10,6	7,9	-	13,3	18,0	13,0	12,3	-	-	10,4	11,0	15,5
18	10,0	13,2	12,2	13,2	11,6	15,1	5,9	13,0	15,2	12,6	14,1	17,1	17,2
19	6,4	-	5,5	10,2	8,5	13,5	6,5	11,1	12,9	9,4	10,1	10,2	-
20	7,7	7,8	6,3	9,5	8,0	10,1	7,3	9,1	10,3	8,4	11,5	6,7	8,5
21	8,9	9,4	7,8	12,7	11,0	9,0	7,2	11,9	10,3	8,6	13,6	9,1	10,6
22	9,5	12,2	8,9	14,5	14,3	11,8	7,7	12,0	17,3	12,2	16,9	10,2	15,0
23	7,1	-	7,2	11,8	9,9	9,7	9,1	5,6	8,9	7,3	7,5	8,2	11,1
24	14,1	8,3	9,8	-	18,4	8,5	17,6	9,9	11,5	9,9	9,9	10.6	10,7
25	12,6	12,6	10,0	-	12,0	13,6	15,3	13,2	17,7	12,4	15,1	13,1	11,3
26	8,1	8,2	8,9	13,4	12,3	10,4	12,0	12,2	-	-	9,4	10,1	14,2
27	11,8	12,2	10,4	10,1	9,6	16,0	12,8	6,8	12,6	11,9	9,7	12,0	17,0
28	10,1	7,8	7,0	12,4	11,8	14,5	10,4	9,8	13,6	9,5	13,7	10,6	15,0
29	15,3	18,8	8,4	22,6	23,1	-	-	16,1	24,4	13,0	17,3	-	-
30	14,0	14,0	11,2	20,8	15,8	14,7	11,6	18,5	14,0	18,5	24,4	16,5	16,7
31	14,2	14,4	10,1	17,8	24,0	10,0	20,5	20,0	20,5	14,4	16,5	18,9	14,5

Tabelle 2: 17-KS-Ausscheidung der einzelnen Versuchsteilnehmer in mg/24 h

statistischen Sicherung von Unterschieden wurde ein Signifikanztest (S t u d e n t - Test) vorgenommen. Die Bestimmung von P = 2 Alpha erfolgte unter Verwendung der „Wissenschaftlichen Tabellen" der Firma J. R. G e i g y/Basel. Schließlich wurden zur Feststellung von Korrelationen zwischen der Ausscheidung von Harnsteroiden und dem Urinvolumen die Korrelationskoeffizienten (r) bestimmt. Unterschiede und Korrelationen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 Prozent und höher werden als signifikant bezeichnet. Die einzelnen P-Werte sind dann bei den Ergebnissen jeweils angegeben.

Ergebnisse

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen (Tabellen 2 und 3, Abbildungen 1 und 2) zeigen, daß die Ausscheidung von 17-KS und 17-KGS bei körperlichen Belastungen (Muskelarbeit) durchschnittlich deutlich zunimmt. Auch während und nach erschöpfenden Belastungen kommt es im allgemeinen nicht zu einem Abfall der 17-KS- und 17-KGS-Ausscheidung. Es konnte beobachtet werden, daß die sportlich untrainierten Rekruten nach schweren körperlichen Belastungen offensichtlich erschöpfter waren als die sportlich trainierten Rekruten; ein signifikanter Unterschied in der Steroidausscheidung dieser beiden Gruppen ließ sich jedoch nicht finden. Auffällig ist weiterhin, daß die Steroidausscheidung der Pykniker — im Gegensatz zu derjenigen der Leptosomen und Athleten — ihre Höchstwerte schon bei mittlerer körperlicher Belastung erreichte. Die Zunahme der 17-KGS-Ausscheidung unter erschöpfenden körperlichen Belastungen war bei den Pyknikern um ca. 50 Prozent geringer als bei den Leptosomen und Athleten. An Tagen nach einer erschöpfenden körperlichen Belastung konnte bei den Pyknikern eine leicht abfallende Tendenz in der 17-KGS-Ausscheidung festgestellt werden. Die letzten Ergebnisse deuten darauf hin, daß möglicherweise die Adaptationsbreite der Pykniker hinsichtlich der Produktion von Steroidhormonen der 17-KGS-Gruppe eingeschränkt ist.

	4./5. Aug.	5./6. Aug.	6./7. Aug.	7./8. Aug.	11./12. Aug.	12./13. Aug.	13./14. Aug.	19./20. Aug.	20./21. Aug.	21./22. Aug.	26./27. Aug.	7./8. Sept.	8./9. Sept.
1	9,6	10,6	7,3	11,6	11,1	17,2	5,2	16,3	21,5	27,8	16,2	18,4	14,0
2	9,3	13,6	5,4	13,7	13,4	15,2	6,8	16,7	18,8	19,2	18,6	18,6	20,0
3	11,1	12,3	4,0	12,0	11,8	-	-	12,7	16,3	12,6	16,3	17,7	24,1
4	10,5	15,6	4,8	14,5	13,4	16,5	6,2	16,1	18,3	17,1	18,0	17,4	21,2
5	10,7	11,4	6,0	13,3	11,4	7,2	6,8	12,3	15,0	8,8	15,4	13,1	18,0
6	13,4	13,7	7,7	12,1	16,5	15,4	5,1	9,7	18,3	17,2	18,1	-	-
7	7,0	13,3	7,2	11,5	12,4	16,9	9,8	12,0	18,9	9,6	14,3	15,7	12,7
8	15,2	12,4	9,5	15,6	10,6	15,7	11,6	8,8	16,9	14,1	18,1	19,4	23,4
9	12,0	13,2	9,4	-	-	-	-	10,0	-	-	-	-	-
10	14,0	18,1	10,2	14,0	18,2	14,9	16,2	7,2	14,0	10,0	16,8	13,2	14,6
11	-	6,5	6,4	12,6	9,5	13,9	13,9	16,6	20,0	11,7	19,0	15,8	22,3
12	17,6	15,7	19,5	14,2	15,6	17,4	18,1	10,4	13,4	9,1	13,8	13,4	17,8
13	12,5	15,3	8,0	16,2	8,4	17,6	13,3	12,8	21,6	24,2	14,4	14,2	15,6
14	9,3	8,6	9,8	9,9	13,9	15,3	5,5	12,7	19,5	9,2	14,6	13,2	14,0
16	10,9	17,0	11,3	16,2	12,2	15,8	7,6	16,3	16,2	18,3	12,1	7,1	17,5
17	11,5	15,9	16,1	-	10,5	21,0	12,7	15,0	-	-	15,0	16,0	20,5
18	14,0	16,3	13,9	16,6	14,8	19,9	3,9	14,6	20,3	10,9	24,7	20,9	24,1
19	9,3	-	7,6	12,1	9,4	15,9	9,0	13,1	21,9	15,4	16,3	15,3	-
20	9,0	13,8	8,0	12,0	7,8	11,2	12,7	9,5	10,0	7,7	17,6	17,1	20,3
21	13,6	9,4	13,0	13,3	15,2	13,8	11,0	14,9	19,5	12,2	12,7	15,1	16,2
22	22,3	16,9	9,4	18,0	12,2	10,9	8,3	15,8	18,1	22,6	24,4	16,0	18,0
23	12,6	-	8,1	14,6	11,3	13,5	13,1	9,2	16,5	13,6	12,3	17,5	18,4
24	13,9	12,3	10,2	-	8,1	15,1	9,7	8,9	9,7	20,5	18,5	19,2	20,5
25	13,7	14,2	12,0	-	10,8	18,0	16,5	12,8	23,2	15,8	14,8	15,8	20,9
26	9,7	10,3	12,1	14,3	14,3	13,1	11,7	10,8	-	-	12,2	12,9	19,0
27	9,0	11,2	11,9	12,6	12,2	15,8	5,7	7,4	10,0	9,0	11,8	14,9	17,5
28	17,5	17,5	14,7	15,9	14,7	17,8	10,6	13,8	19,9	16,4	15,9	16,2	23,4
29	13,9	11,1	13,6	11,6	13,3	-	-	15,5	23,5	6,8	12,1	-	-
30	12,4	14,7	14,8	17,7	15,4	12,1	5,8	14,4	21,2	16,1	20,0	18,9	19,5
31	8,4	12,1	9,6	7,9	12,4	6,5	16,3	10,3	6,9	14,5	8,0	13,1	7,8

Tabelle 3: 17-KGS-Ausscheidung der einzelnen Versuchsteilnehmer in mg/24 h

Es wurden die Korrelationskoeffizienten für Urinvolumen und 17-KS-Ausscheidung sowie Urinvolumen und 17-KGS-Ausscheidung bei körperlichen Belastungen berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 dargestellt.

	Urinvolumen/ 17-KS-Ausscheidung
Belastgs.-Stufe I	$r = +0{,}25811$ ($p < 0{,}01$)
Belastgs.-Stufe II + III	$r = +0{,}14313$ ($p < 0{,}1$)
Belastgs.-Stufe I + II + III	$r = +0{,}19871$ ($p < 0{,}001$)

	Urinvolumen/ 17-KGS-Ausscheidung
Belastgs.-Stufe I	$r = +0{,}36498$ ($p < 0{,}001$)
Belastgs.-Stufe II + III	$r = +0{,}43608$ ($p < 0{,}001$)
Belastgs.-Stufe I + II + III	$r = +0{,}37908$ ($p < 0{,}001$)

	Freiheitsgrade
Belastgs.-Stufe I	= 144
Belastgs.-Stufe II + III	= 160
Belastgs.-Stufe I + II + III	= 306

Tabelle 4

Die Daten über das während des Versuchszeitraumes herrschende Wetter wurden uns von der Wetterwarte Saarbrücken zur Verfügung gestellt. Die Auswertung ergab, daß während der Belastungsversuche keine ausgeprägten zyklonalen oder antizyklonalen Wetterlagen zu verzeichnen waren. Auffällige Zusammenhänge zwischen Steroidausscheidung und Luftdruck, Luftfeuchtigkeit oder Temperatur konnten nicht festgestellt werden.

Diskussion

Körperliche Belastungen führen nach unseren Untersuchungen im allgemeinen zu einem Anstieg der 17-KS- und 17-KGS-Ausscheidung im Harn. Annähernd vergleichbare Ergebnisse anderer Autoren (5, 33, 35, 39), die sich allerdings nur auf eine relativ geringe Anzahl von Versuchen stützen, stimmen mit unseren Befunden teilweise völlig, teilweise insofern überein, als sie als Einzelbefunde innerhalb des ermittelten großen Streuungsbereiches der genannten Harnsteroide durchaus möglich sind.

Einen etwas tieferen Einblick in die hier beobachteten physiologischen Vorgänge bietet die gleichzeitige quantitative Bestimmung der NNR-Hormone im Blut. Froesch, Kägi und Labhart (1954) konnten bei Belastungsversuchen zeigen, daß Hypoglykämie zu einem Anstieg der Nebennierenrindenhormone und daß Muskelarbeit, nach einem initialen Anstieg, zu einem Absinken der Hormone im Blut führt. Der Abfall erfolgte 30 Minuten nach einer Belastung mit 100 Watt (Fahrradergometer) und ist durch einen erhöhten Verbrauch bzw. Abbau von NNR-Hormonen zu erklären. Die Urincorticoide waren 4 Stunden nach der Belastung leicht erhöht.

Borth und Mach (1951) beobachteten am Tage nach einer körperlichen Belastung in einigen Fällen einen Abfall der 17-KS-Ausscheidung im 24-Stunden-Harn. Auch bei unseren Untersuchungen konnten in Einzelfällen deutliche Abfälle, aber auch Anstiege festgestellt werden. Gerade an Tagen nach einer schweren körperlichen Belastung fanden wir durchschnittlich höhere Streuungen als bei erschöpfenden, mittleren oder gar leichten Belastungen. Hierin äußert sich wohl der außerordentlich unterschiedliche Funktionszustand der NNR in den letzten Phasen einer erschöpfenden körperlichen Belastung. Vermutlich wird man aus einem starken Abfall der Steroidhormonausscheidung am Tage nach solchen Belastungen schließen dürfen, daß die körperliche Erschöpfung dieser Individuen Stadien erreichte, die bereits mit leichten Insuffizienzerscheinungen der NNR einhergingen. Die bei unseren Untersuchungen statistisch festgestellte Tendenz der Mittelwerte weist aber weder auf einen Abfall noch auf einen Anstieg hin. Dieses Ergebnis kann dahingehend gedeutet werden, daß es bei gesunden jungen Menschen auch bei erschöpfenden körperlichen Belastungen zunächst nicht zu Insuffizienzerscheinungen der NNR kommt.

Unsere Resultate zeigen, daß die Produktion der Steroidhormone, deren Metabolite als 17-KGS und 17-KS im Harn gefunden werden, beim Übergang von leichter zu mittlerer körperlicher Belastung erheblich erhöht wird. Bei den Steroidhormonen der 17-KGS-Gruppe gilt das auch für den Übergang von mittlerer zu erschöpfender körperlicher Belastung, während bei denen der 17-KS-Gruppe das Maximum der Produktion schon bei mittlerer Belastung nahezu erreicht zu sein scheint.

Zwischen den Steroidausscheidungen der Pykniker, Athleten und Leptosomen fanden wir schon bei leichter Belastung signifikante Unterschiede, die nach Borth, Linder, Riondel (1957) und Tanner et al. (1959) auch ohne Belastung zu erwarten gewesen wären. Diese Autoren konnten an Hand von größeren statistischen Untersuchungen eine deutliche positive Korrelation zwischen 17-KS-Ausscheidung und Körpergewicht bzw. Körperoberfläche nachweisen. Der von uns beobachtete Unterschied zwischen den durchschnittlichen 17-KS-Ausscheidungen von Leptosomen und Pyknikern bei leichter körperlicher Belastung beträgt 36,3 Prozent und ist hoch signifikant (P kleiner als 0,001). Auch bei schwereren körperlichen Belastungen treten diese konstitutionellen Unterschiede deutlich zu Tage. Offenbar führt eine übermäßige Fettanlagerung zu einer Vermehrung der Produktion von Steroidhormonen, deren Abbauprodukte im Harn als 17-KS ausgeschieden werden. Bei den 17-KGS erreicht der Unterschied zwischen den Ausscheidungswerten der Pykniker und Leptosomen nur bei leichter körperlicher Belastung eine relativ hohe Wahrscheinlichkeit (90 Prozent). Dieser Befund stimmt mit den von Tanner et al. (1959) gefundenen Ergebnissen überein. Die genannten Autoren wiesen nämlich Korrelationen zwischen 17-KGS-Ausscheidung und Körpergewicht sowie Körperlänge nach; sie betonen, daß diese beiden Korrelationen auf einer positiven Korrelation mit der Dicke und der Länge der Gliederknochen und nicht etwa auf einer Korrelation mit der Muskelmasse oder des subkutanen Fettgewebes beruhen. In diesem Zusammenhang sei nochmals erwähnt, daß bei unseren Untersuchungen das durchschnittliche Körpergewicht der Pykniker 14,0 kg über dem der Leptosomen lag, während der Unterschied zwischen den durchschnittlichen Körperlängen nur 3,4 cm betrug.

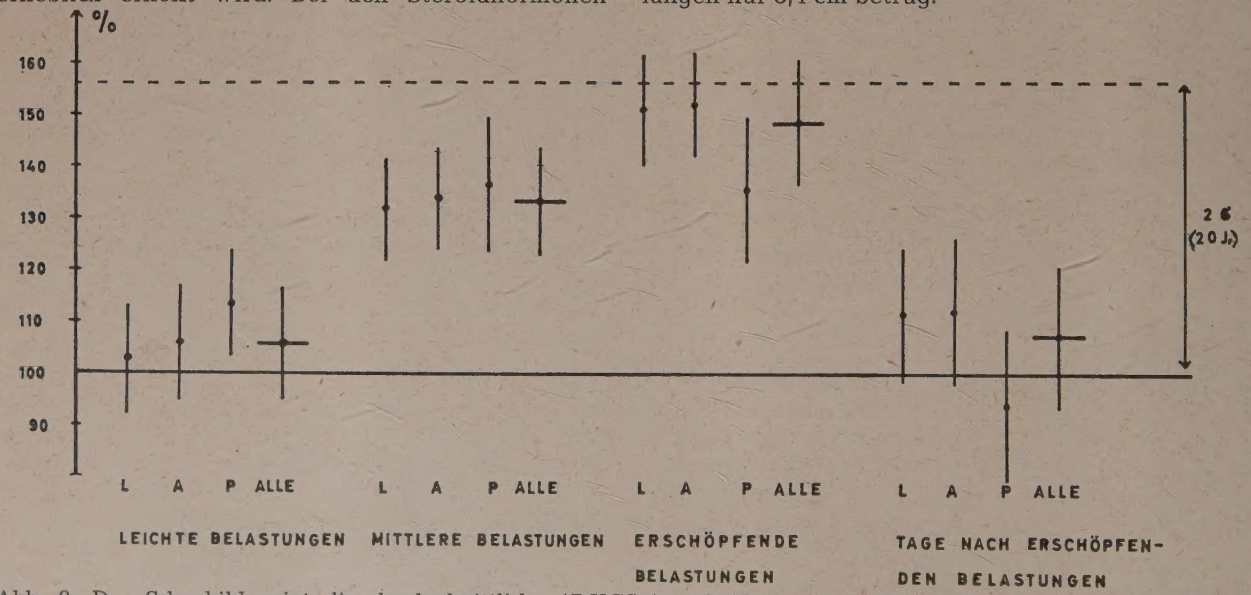

Abb. 2: Das Schaubild zeigt die durchschnittliche 17-KGS-Ausscheidung der Leptosomen (L), Athleten (A), Pykniker (P) und aller Versuchsteilnehmer (alle) bei verschiedenen Stufen körperlicher Belastung. Eingezeichnet sind die Mittelwerte mit doppelter Standardabweichung sowie der obere Normalbereich für 20jährige Männer.

Wichtig erscheint uns noch ein anderer Befund. Im Verlauf ansteigender Belastung fanden wir bei der 17-KS-Ausscheidung der Leptosomen, Athleten und auch der Pykniker einen durchschnittlichen Anstieg von 23 bis 34 Prozent. Anders verhielt es sich bei der 17-KGS-Ausscheidung. Hier stellten wir bei den Athleten und Leptosomen einen Anstieg von ca. 50 Prozent fest, während der Anstieg bei den Pyknikern nur 22 Prozent betrug. Außerdem erreichte die Steroidausscheidung bei den Pyknikern schon bei mittlerer Belastung ihren Höhepunkt.

Angesichts dieser Befunde erhebt sich die Frage, ob die Adaptationsbreite der Pykniker hinsichtlich der Produktion von Steroidhormonen der 17-KGS-Gruppe eingeschränkt ist. Zwischen sportlich trainierten und sportlich untrainierten Rekruten mit gleichem Durchschnittsgewicht und annähernd gleicher Körperlänge konnten bei unseren Untersuchungen keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Steroidausscheidung gefunden werden. Es ist anzunehmen, daß eine Zunahme der Hormonproduktion der NNR durch sportliches Training nur indirekt über eine Erhöhung des Muskelgewichtes erreicht werden kann.

In der Frage der Abhängigkeit der Steroidausscheidung vom Urinvolumen gehen die Meinungen der Autoren weit auseinander. Einige zeigten, daß die menschliche 17-KS-Ausscheidung unter Normalbedingungen vom Urinvolumen unabhängig ist (2, 13). Andere wieder wiesen auf positive Korrelationen zwischen Urinvolumen und Steroidausscheidung hin (6, 15, 22, 24).

Marotta et al. (1960) äußerten die Ansicht, daß bei Einzelpersonen die täglichen Schwankungen des Urinvolumens die Ausscheidungsrate der 17-KS nicht beeinflussen, daß aber Gruppenkorrelationen signifikant positiv sind. Ferner fanden sie, daß Menschen mit großem täglichem Urinvolumen auch relativ viel 17-KS ausscheiden.

Tanner et al. (1959) ermittelten eine signifikant positive Gruppenkorrelation zwischen Urinvolumen und Steroidausscheidung, wobei diejenige zwischen Urinvolumen und 17-KGS-Ausscheidung größer war als die zwischen Urinvolumen und 17-KS-Ausscheidung. Unsere Untersuchungen lieferten bei leichter Belastung ähnliche Ergebnisse. Bei ansteigender körperlicher Belastung fanden wir eine Zunahme der Korrelation mit dem Urinvolumen bei den 17-KGS, dagegen konnte eine signifikante Korrelation bei den 17-KS nicht mehr festgestellt werden.

Betrachtet man die 17-KS- und die 17-KGS-Ausscheidung im Harn als Teilprojektion der Aktivität des Hypophysen-Nebenieren-Systems, so ist es nicht verwunderlich, daß sie bei Änderungen der endokrin-nervösen Gleichgewichtslage des Organismus (Stress) stärkere Schwankungen aufweist. So sind die Angaben vieler Autoren über die Schwankungen der Normalausscheidung von Steroidhormonen von Tag zu Tag recht unterschiedlich. Versuchsreihen von Callow (1938) ergaben eine Streuung von ± 40 bis ± 68 Prozent, solche von Werner (1941, 1943), die sich über einige Monate erstreckten, Schwankungen von ± 50 Prozent. Zimmermann und Hofschläger (1953) stellten bei laufenden Untersuchungen über ein Jahr hinweg mit 13 bis 135 Einzelanalysen je Versuchsperson bei gesunden Erwachsenen Streuungen von ± 50 Prozent, bei Kindern bis 100 Prozent fest. Bei unseren Belastungsversuchen fanden wir durchschnittliche Streuungen von ± 27 bis ± 36 Prozent (17-KS und 17-KGS). Die Streuungen waren bei starken körperlichen Belastungen im allgemeinen größer als bei leichten. Bei den Pyknikern zeigten sich größere Streuungen als bei den Athleten und den Leptosomen. Eine besonders große Streuung von durchschnittlich ± 45,3 Prozent beobachteten wir an Tagen nach einer erschöpfenden körperlichen Belastung bei der 17-KGS-Ausscheidung.

In den von Kaiser, Rindt, Conrad und Zimmermann (1964) und Rindt (1965) aufgestellten Normalkurven für 17-KS und 17-KGS liegen die von uns gefundenen Durchschnittswerte bei körperlichen Belastungen teilweise im oberen Streubereich, teilweise auch darüber (siehe Abb. 1 und 2). Bei den 17-KS überschreitet die Gruppe der Pykniker die obere Normalgrenze schon bei leichter körperlicher Belastung. Für klinische Belange ergibt sich daraus, daß an Tagen, an denen Harn für die Untersuchung der Steroidausscheidung gesammelt wird, körperliche Anstrengungen zu vermeiden sind. Dies scheint besonders für übergewichtige Patienten zu gelten, bei denen bei der Beurteilung der Befunde das Körpergewicht berücksichtigt werden sollte.

Zusammenfassung

Bei 30 Rekruten (19—24 J.), die im Rahmen einer militärischen Grundausbildung unterschiedlich starken körperlichen Belastungen (Muskelarbeit) ausgesetzt waren, wurde an 13 Tagen die 24-Stunden-Ausscheidung von 17-Ketosteroiden (17-KS) und 17-ketogenen Steroiden (17-KGS) untersucht. Je nach Konstitutionstyp und körperlichem Trainingszustand wurden die Rekruten sechs Versuchsgruppen zugeordnet. Die aus 1448 Steroidhormonanalysen gewonnenen Ergebnisse wurden — in Prozent der mittleren Altersnorm ausgedrückt — statistisch ausgewertet. An Hand eines Signifikanztestes wurden die durchschnittlichen Mengen der 17-KS- und 17-KGS-Ausscheidung der verschiedenen Versuchsgruppen bei leichten, mittleren, erschöpfenden und nach erschöpfenden körperlichen Belastungen miteinander verglichen. Für Harnvolumen und 17-KS-Ausscheidung einerseits und Harnvolumen und 17-KGS-Ausscheidung andererseits wurden Korrelationsberechnungen durchgeführt. Ergebnisse:

1. Bei körperlichen Belastungen erfolgte durchschnittlich eine signifikante Zunahme der Ausscheidung von 17-KS und 17-KGS im Harn.

2. Auch während und nach erschöpfenden körperlichen Belastungen kam es im allgemeinen nicht zu einem Abfall der 17-KS- und 17-KGS-Ausscheidung.

3. Zwischen sportlich trainierten und sportlich untrainierten Personen konnte unter körperlichen Belastungen kein signifikanter Unterschied in der 17-KS- und 17-KGS-Ausscheidung festgestellt werden.

4. Bei Leptosomen und Athleten wurden die größten Ausscheidungsmengen an 17-KS und 17-KGS bei

erschöpfenden, bei den Pyknikern dagegen schon bei mittleren körperlichen Belastungen gefunden.

5. Die Zunahme der 17-KGS-Ausscheidung an Tagen mit erschöpfenden körperlichen Belastungen war bei den Pyknikern durchschnittlich um ca. 50 Prozent geringer als bei den Leptosomen und Athleten.

6. An Tagen nach erschöpfenden körperlichen Belastungen (bei anhaltender leichter körperlicher Belastung) war bei den Pyknikern außerdem eine leicht abfallende Tendenz in der 17-KGS-Ausscheidung festzustellen. Diese Beobachtung konnte aber nicht statistisch gesichert werden.

Die beiden letzten Ergebnisse weisen darauf hin, daß möglicherweise die Adaptationsbreite der Pykniker hinsichtlich der Produktion der Steroidhormonen der 17-KGS-Gruppe eingeschränkt ist.

7. Zwischen Harnvolumen und 17-KS-Ausscheidung konnte nur bei leichter körperlicher Belastung eine signifikante positive Korrelation ($r = + 0{,}258$) gefunden werden.

8. Zwischen Harnvolumen und 17-KGS-Ausscheidung wurde bei leichter körperlicher Belastung eine signifikante positive Korrelation ($r = + 0{,}364$) festgestellt, die bei schweren körperlichen Belastungen zunahm ($r = + 0{,}436$).

9. Die Durchschnittswerte der 17-KS-Ausscheidung bei körperlichen Belastungen lagen teilweise innerhalb des oberen Streuungsbereiches der verwendeten Normalkurve, teilweise überstiegen sie die obere Grenze der Norm. Es fanden sich signifikante Unterschiede zwischen der durchschnittlichen 17-KS-Ausscheidung der Pykniker, die schon bei leichter körperlicher Belastung relativ hohe Werte erreichte (138 Prozent), und derjenigen der Leptosomen, die im allgemeinen relativ niedrig war (102 Prozent).

10. Die Durchschnittswerte der 17-KGS-Ausscheidung bei körperlichen Belastungen lagen innerhalb des oberen Streuungsbereiches der Normalkurve. Konstitutionelle Unterschiede waren hier weit weniger deutlich zu erkennen und konnten statistisch nicht gesichert werden.

11. Für klinische Belange ergibt sich aus diesen Untersuchungen der Hinweis, daß Patienten, deren 24-Stunden-Harn auf seinen Gehalt an 17-KGS untersucht werden soll, an den betreffenden Tagen vor körperlichen Anstrengungen zu bewahren sind. Dies scheint besonders für übergewichtige Patienten zu gelten.

Summary

30 recruits (19 to 24 yrs.) were exposed to varying degrees of physical strain (muscle work) during their basic military training and on 13 days the 24-hour secretion of 17-ketosteroids (17-KS) and 17-ketogenic steroids (17-KGS) were examined. The recruits were divided into 6 test groups according to their type of constitution and their state of physical training. The results obtained from 1448 steroid hormone analyses were statistically evaluated (expressed as a percentage of the mean age standard). On the grounds ofa significance test, the average amounts of 17-KS and 17-KGS secretions of the various test groups during light, medium, exhausting and after exhausting physical strain were compared with each other. Correlation calculations were made for urine volume and 17-KGS-secretion on the one hand and urine secretion and 17-KGS secretions on the other. Results:

1. During physical strain there was on an averagea significant increase of the 17-KS and 17-KGS in the urine.
2. Even during and after exhausting physical strain there was generally speaking no decrease in the 17-KS and 17-KGS secretions.
3. No significant difference in the 17-KS and 17-KGS secretions of sports-trained persons and physically untrained persons during physical strain was established.
4. The greatest secretions of 17-KS and 17-KGS were observed in leptosomes and athletes in the course of exhaustive strain but in pycnickers on the other hand in the course of average physical strain.
5. The increase of 17-KGS secretions on days when exhaustive physical strain was experienced was on an average approx. 50 % lower in pycnickers than in leptosomes and athletes.
6. On days after exhaustive physical strain (during continuous light physical strain) a slight tendency of a decrease in 17-KGS secretion was observed in pycnickers. We were not however able to confirm this observation with the aid of statistical evaluation. The last two results indicate that the adaptionscope of pycnickers as regards the production of steroid hormones of the 17-KGS group is limited.
7. A significant positive correlation ($r = + 0.258$) between urine volume and 17-KS secretion was only observed during light physical strain.
8. A significant positive correlation ($r = + 0.364$) was observed between urine volume and 17-KGS secretion during light physical strain which increased during greater physical strain ($r = + 0.436$).
9. The average values for 17-KS secretions during physical strain were partly within the upper dispersion zone of the standard graph used and they were partly outside the upper limit of the standard. We observed significant differences between the average 17-KS secretions oft the pycnickers which reached relatively high values (138 %) during light physical strain and those of the leptosomes, which were generally relatively low (102 %).
10. The average values for 17-KGS secretion during physical strain were within the upper dispersion zone of the standard graph. Constitutional differences were observed here to a far lesser extent and could not be confirmed statistically.
11. For clinical purposes these tests indicate that patients whose 24-hr. urine is to be examined for its 17-KGS content must be prevented from undergoing physical strain on the test days. This seems to be particularly true of patients with overweight.

Résumé

Pendant 13 jours l'élimination de 24 heures de 17-cétostéroïdes (17-KS) et de 17-stéroïdes cétogènes (17-KGS) de 30 recrues (19—24 ans), étant exposés dans le cadre d'une instruction militaire de base à des efforts physiques d'une envergure différente (travail musculaire), a été examinée. Selon le type de constitution et la condition physique d'entraînement les recrues ont été subdivisés en six groupes d'essai. Les résultats obtenus de 1448 analyses de hormones stéroïdiennes ont été évalués statistiquement exprimés par pourcentage de la norme moyenne de l'âge. A l'aide d'un test significatif les quantités moyennes de l'élimination des 17-KS et 17-KGS des différents groupes d'essai en cas d'efforts physiques légers, moyens et épuisants et après efforts

physiques épuisants ont été comparées. Pour le volume d'urine et l'élimination de 17-KS d'une part et le volume d'urine et l'élimination de 17-KGS d'autre part des calculations de corrélation ont été faites. Résultats:

1. En cas d'efforts physiques il y avait moyennement une augmentation significative de l'élimination de 17-KS et 17-KGS dans l'urine.
2. De même pendant et après des efforts physiques épuisants, en général il n'y avait pas de diminution de l'élimination de 17-KS et 17-KGS.
3. Parmi des personnes entraïnées et des personnes non entraînées on ne pouvait pas constater une différence significative de l'élimination de 17-KS et 17-KGS en cas d'efforts physiques.
4. En cas de leptosomes et d'athlètes on a trouvé les quantités d'élimination les plus hautes de 17-KS et 17-KGS s'ils avaient été soumis à des efforts physiques épuisants, mais en cas de sujets pycniques des résultats ont été trouvés déjà en cas d'efforts physiques moyens.
5. L'augmentation de l'élimination 17-KGS aux jours avec des efforts physiques épuisants montrait pour les sujets pycniques en moyenne une diminution d'environ 50% comparé avec les leptosomes.
6. Pour les sujets pycniques on a constaté en outre aux jours après des efforts physiques épuisants (avec un effort physique léger et permanent) une tendance vers une diminution légère dans l'élimination 17-KGS. Mais cette observation ne pouvait pas être affermie statistiquement.

   Ces derniers deux résultats indiquent que probablement l'étendue d'accomodation des sujets pycniques quant à la production des hormones stéroïdiennes du groupe 17-KGS soit limitée.
7. Entre le volume d'urine et l'élimination 17-KS on pouvait constater en cas d'efforts physiques légers seulement une corrélation positive significative ($r = + 0{,}258$).
8. Entre le volume d'urine et l'élimination 17-KGS on a constaté en cas d'efforts physiques légers une corrélation positive significative ($r = 0{,}364$) augmentant en cas d'efforts physiques ($r = + 0{,}436$).
9. Les valeurs moyennes de l'élimination 17-KS en cas d'efforts physiques se trouvaient en partie au dedans de la région supérieure de dispersion de la courbe normale employée, en partie elles surpassaient la limite supérieure de la norme. On a trouvé des différences significatives entre l'élimination 17-KS moyenne des sujets pycniques atteignant déjà avec un effort physique léger des valeurs relativement élevées (138%) et celles des leptosomes étant en général relativement basses (102%).
10. Les valeurs moyennes de l'élimination 17-KGS en cas d'efforts physiques se trouvaient au dedans de la région supérieure de dispersion de la courbe normale. On y pouvait reconnaître bien moins distinctement des différences constitutionnelles; celles-ci ne pouvaient pas être affermies statistiquement.
11. De ces analyses il s'ensuit pour les exigences cliniques que des patients dont l'urine de 24 heures doit être examinée pour sa teneur en 17-KGS ne doivent pas être sounis à des efforts physiques aux jours en cause. Il paraît que cela s'applique en particulier aux patients de surpoids.

Literaturverzeichnis

1. Ammon, R., und Dirscherl, W.: Fermente, Hormone, Vitamine und die Beziehungen dieser Stoffe zueinander. Thieme Verl. Stuttgart 1960; 2. Bachmann, C., Leekley, D., Winter, B.: zit. nach Marotta et al.; 3. Birke, G., Franksson, C., und Plantin, L. O.: The excretion pattern of 17-Ketosteroids and corticosteroids in surgical stress. Acta endocr. 18, 201 (1955); 4. Borth, R., Linder, A., und Riondel, A.: Urinary excretion of 17-hydroxy-corticosteroids and 17-ketosteroids in healthy subjects, in relation to sex, age, body weight and height. Acta endocr. 25, 33, (1957); 5. Borth, R., und Mach, R. S.: Steroid excretion and blood status during a mountain tour and a stay at medium altitude. Acta endocr. 6, 319 (1951); 6. Brown, J. H. V., Asher, H.: zit. nach Marotta et al.; 7. Brück, K.: Physiologische Adaptation. Med. Welt (Stuttgart) 1961, 684; 8. Callow, N. H.: zit. nach Zimmermann (49); 9. Charvát, J.: Zur Frage stressbedingter somatischer Schäden. Endokrinologie, 45, 40 (1963); 10. Fazekas, I. Gy.: Über die Mobilisierbarkeit des Corticosterongehaltes der „Peripherischen Hormondepots". Endokrinologie 46, 133 (1964); 11. Froesch, R., Kägi, H. R., und Labhart, A.: Der Einfluß von Hypoglykämie und von Muskelarbeit auf die Blutkonzentration der Nebennierenrindenhormone. Schweiz. med. Wschr. 1954, 304; 12. Gold, E. M., und Starr, P.: Urinary excretion of 17-ketogenic steroids in normal subjects before and after stimulation with intramuscular zinc-ACTH. J. clin. Endocr. 19, 907 (1959); 13. Hamburger, C.: Six years' daily, 17-ketosteroid determinations in one subject. Acta endocr. 17, 116 (1954); 14. Hatch, F. T., Hamerman, D., und Ziporin, Z. Z.: Urinary excretion of mucoproteins and adrenal corticosteroids during rest and exercise. Relation to urine volume and physical fitness. J. appl. Physiol. 9, 465 (1956); 15. Hollander, F., Kriss, B., Klemper, E., und Frank, R. T.: zit. nach Marotta et al.; 16. Kaegi, H. R.: Der Einfluß von Muskelarbeit auf die Blutkonzentration der Nebennierenrindenhormone. Inauguraldissertation, Zürich 1955; 17. Kaiser, E., Rindt, W., Conrad, K. H., und Zimmermann, W.: Normalausscheidung von 17-Ketosteroiden im Harn beim Menschen. Acta endocr. 47, 285 (1964); 18. Kretschmer, E.: Körperbau und Charakter. Untersuchungen zum Konstitutionsproblem und zur Lehre von den Temperamenten. Springer-Verl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961; 19. Labhart, A.: Klinik der inneren Sekretion. Springer-Verl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1957; 20. Levell, M. J., Mitchel, F. L., Paine, C. G., und Jordan, A.: The clinical vallue of 17-ketogenic steroid determinations. J. clin. Path. 10, 72 (1957); 21. Linder, A.: Statistische Methoden. Birkhäuser, Basel 1951; 22. Lloyd, C. W.: Some clinical aspects of adrenal cortical and fluid metabolism. Recent. Prog. Hormone Res. 7, 469 (1952); 23. Marotta, S. F., Economou, P. G., und Stolpe, S. G.: Individual variability in relationship of human ketosteroid excretion to urine volume. Proc. Soc. exp. Biol. 104, 84 (1960); 24. McHenry, E. W., Semmons, E. M., Pearse, R., und Meyer, E. G.: Observations on the ketosteroid content of urine from patients with prostatic carcinoma and adenoma. Cancer. Res. 7, 534 (1947); 25. Medgyesi, G., und Katona, K.: Ärztliches Labor. 7, 247 (1961); 26. Mitolo, M., De Felice, F., Ruccia, D., und Terlizzi, L.: Excrezione urinaria di 17-chetosteroidi nel corso dell' allenamento all'esercizio fisico. Ricerche sull'uomo. Soc. ital. Biol. sperm. 27, 923 (1951); 27. Neunhoeffer, O., Thewalt, K., Zimmermann, W.: Der Mechanismus der Zimmermann-Reaktion (1935 bis 1960). Darstellung des 16-aci-2.4-Dinitro-phenyl-androsterons. Hoppe-Sylers Physiol. Chem. 323, 116 (1961); 28. Norymberski, I. K., Stubbs, R. D., West, H. F.: zit. nach Zimmermann (49); 29. Oertel, G. W.: Chemische Bestimmung von Steroiden im menschlichen Harn. Springer-Verl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1964; 30. Pincus, G., Dorfman, R. I., Romanoff, L. P., Rubin, B. L., Bloch, E., Carlo, J., und Freeman, H.: Steroid metabolism in aging men and women. Recent Progr. Hormone Res. 11, 307 (1955); 31. Pincus, G., und Hoagland, H.: Effects of administered pregnenolone an fatiguing psychomotor performance. J. Aviat. Med. 15, 98 (1944); 32. Rindt, W.: Normalausscheidung von 17-ketogenen Steroiden. Acta endocr. (im Druck); 33. Sailer, E., und Verzár, F.: Die Ausscheidung von Corticosteroiden in Ruhe, bei Muskelarbeit und in der Höhe. Helv. physiol. pharmacol. Acta 8, C 72 (1952); 34. Schüller, E.: Die Normalausscheidung der 17-keto-

genen Steroide. Acta endocr., 21, 281 (1956); 35. Schwenk, A., und Wennemann, J.: Die Harnsteroidausscheidung bei früh- und spätreifen Jungen im Pubertätsalter unter körperlicher Belastung. Z. Kinderheilk. 73, 407 (1953); 36. Selye, H.: Stress. Montreal 1950; 37. Starka, L., Matys, Z.: Die Normalausscheidung der individuellen 17-Ketosteroide im Harn. Endokrinologie 44, 156 (1963); 38. Tanner, J. M., Healy, M. J. R., Whitehouse, R. H., und Edgson, A.C.: The relation of body build to the excretion of 17-ketosteroids and 17-ketogenic steroids in healthy young men. J. Endocr. 19, 87 (1959); 39. Venning, E., Kazmin, V. E., und Bell, I. C.: Biological assay of adrenal corticoids. Endocrinology 38, 79 (1946); 40. Venning, E., und Kazmin, V. E.: Excretion of urinary corticoids and 17-ketosteroids in the normal individual. Endocrinology (Am.) 39, 131 (1946); 41. Verzár, F.: Die Physiologie der Nebennierenrindenhormone. Beitrag in: Fermente, Hormone, Vitamine und die Beziehungen dieser Stoffe zueinander. Thieme-Verlag Stuttgart 1960; 42. Watanabe, G. I., und Yoshida, S.: Climatic effect on urinary output of neutral 17-ketosteroids. J. appl. Physiol. 9, 456 (1956); 43. Werner, S. C.: zit. nach Zimmermann (49); 44. Zimmermann, W.: Eine Farbreaktion der Sexualhormone und ihre Anwendung zur quantitativen colorimetrischen Bestimmung. Ztschr. physiol. Chem. 233, 257 (1935); 45. Zimmermann, W.: Colorimetrische Bestimmung von Keimdrüsenhormonen. Ztschr. Physiol. Chem. 245, 47 (1936); 46. Zimmermann, W., Anton, H. H., Rommel, K. H.: Hormonbestimmungen bei Infektionskrankheiten. Zbl. Bakt. I Orig. 158, 6 (1952); 47. Zimmermann, W., Anton, H. H., Pontius, D.: Die Eliminierung störender Chromogene bei der Bestimmung der 17-Ketosteroide mit m-Dinitrobenzol. Ztschr. physiol. Chem. 289, 91 (1952); 48. Zimmermann, W., und Hofschläger, J.: Die Beeinflussung des Stoffwechsels von Steroidhormonen durch Witterungsvorgänge. Acta endocr. (Kbh.) 12, 225 (1953); 49. Zimmermann, W.: Chemische Bestimmungsmethoden von Steroidhormonen in Körperflüssigkeiten. Springer-Verl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1955; 50. Zimmermann, W.: Chemie und Stoffwechsel der Steroidhormone. In: Handb. inn. Medizin VII/1, 130, Springer-Verl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1955; 51. Zimmermann, W.: Infektion, Resistenz und Hormone. Arzneimittelforschung 5, 493 (1955); 52. Zimmermann, W.: Infektionsresistenz in endokrinologischer Sicht. Die 17-Ketosteroidausscheidung als ihr Gradmesser? Zbl. Bakt. I Orig. 167, 140 (1956); 53. Zimmermann, W.: Natürliche Resistenz und Steroidhormonausscheidung. Reprint from abstracts of the VIIth International Congress for Microbiology 1958; 54. Zimmermann, W.: Natürliche Resistenz und Tuberkulose. Med. Monatsschr. 1959, 103; 55. Zimmermann, W.: Männliche und weibliche Hormone beim Mann. Regensburg. Jb. ärztl. Fortbild. 8, 1 (1959/60); 56. Zimmermann, W., Wennemann, J., Kaiser, E.: Tagesschwankungen der 17-Ketosteroidausscheidung im Harn. Endokrinologie 43, 215 (1962). 57. Zimmermann, W., Büscher, H. K., Taupitz, A., und Thewalt, K.: Steroidhormonausscheidung bei Patienten mit Erkrankungen der Prostata unter Behandlung mit natürlichen und synthetischen Oestrogenen. Acta endocr., Supplementum 90 (1964), 211.

Anschrift des Verfassers:

Jürgen von Porthan,
Institut für Hygiene und Mikrobiologie der Universität des Saarlandes,
665 Homburg/Saar

DK 612.744.24:612.452.015.3:616—076.1

Druck: Deutscher Ärzte-Verlag, Köln-Berlin

Herrn Prof. Dr. med., Dr. phil., Dipl. chem. W. Zimmermann bin ich für die Anregung des Themas, die Anleitung sowie die mir gewährte Möglichkeit, die vorliegende Arbeit im Institut für Hygiene und Mikrobiologie auszuführen, zu aufrichtigem Dank verpflichtet.

Dem Bundesministerium der Verteidigung danke ich für die wertvolle Unterstützung, ohne die eine Durchführung der Versuche nicht möglich gewesen wäre.

Für Ihr verständnisvolles Entgegenkommen danke ich Herrn Oberstleutnant Schlegel und Herrn Oberstabsarzt Dr. Kluger.

Lebenslauf

Am 17. September 1936 wurde ich in Riga/Lettland geboren. Bedingt durch die Umsiedlung der Baltendeutschen zogen meine Eltern 1939 nach Posen, wo ich ab 1943 die Volksschule besuchte. Im April 1944 starb mein Vater an einem Lungenleiden. Im Januar 1945 mußten wir Posen verlassen, erlebten das Kriegsende in Potsdam und zogen 1946 nach Friedrichshafen. Im Herbst 1947 trat ich in das Knabeninstitut. Wilhelmsdorf (Baden-Württemberg) ein und legte dort am 23. Februar 1957 die Reifeprüfung ab. 1957-1960 diente ich freiwillig als Offiziersanwärter und Offizier auf Zeit in der Bundeswehr. Seit dem Sommersemester 1960 studiere ich Medizin an der Universität des Saarlandes, an der ich im Mai 1961 das Vorphysikum und im April 1963 das Physikum ablegte. Ich beabsichtige, mein Medizinstudium im Frühjahr 1966 mit dem Staatsexamen abzuschließen.